

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

Podavač vsázky

Charge Feeder

Student:	Aleš Kolaja
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Zdeněk Noga, CSc.

## Zadání bakalářské práce

Student: **Aleš Kolaja**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení  
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení  
Téma: Podavač vsázky  
Charge Feeder

### Zásady pro vypracování:

Pro plazmový hořák se závislým obloukem navrhnete podavač vsázky. Vsázka může mít formu tyčí, drátu a granulátu. Předpokládejte dopravu vsázky do zóny tavení dutou katodou.

### Proveďte :

1. Technickou zprávu s popisem funkce navrženého zařízení a nezbytnými výpočty ve členění – seznam požadavků, funkční struktura, morfologická matice, orgánová a stavební struktura.

2. 3D model konstrukčního návrhu zařízení.

3. Výrobní výkresovou dokumentaci podavače tyčové vsázky.

Rozsah výtahu z Bakalářského projektu v textové části práce cca 5str., rozsah výkresové části min. 1A0

### Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory.  
Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.  
ČSN ISO 690 Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura.  
Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.  
HUBKA, V. Konstrukční nauka.  
Zürich: Heurista, 1995. 105s. ISBN 80-90 1135-0-8  
Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce.  
FS\_SME\_05\_003 verze: G  
LITERÁRNÍ REŠERŠE – zpracovaná v rámci Bakalářského projektu

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Zdeněk Noga, CSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012



---

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



---

prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

## **Prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.


V Ostravě dne 21. května 2012

.....  
podpis studenta

Prohlašuji, že

- ☐ jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- ☐ beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst.3).
- ☐ souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- ☐ bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- ☐ bylo sjednáno, že užít své dílo –bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- ☐ beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 21.5.2012

  
.....  
Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Aleš Kolaja

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Kaunicova 329

687 61 Vlčnov

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval za cenné rady a připomínky vedoucímu mé bakalářské práce, kterým je  
Ing. Zdeněk Noga, CSc.

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Kolaja A. *Podavač vsázky : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2012, 43 s. Bakalářská práce, vedoucí : Noga, Z.

Bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukčního řešení podávajícího zařízení pro tři typy vsázky (tyč, drát, granulát). Vsázka je dopravována do zóny tavení dutou katodou. Všechny typy podavače se napojují na jednu přírubu. Hlavní důraz je kladen na hermetizaci podavače u hořákové sekce.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

KOLAJA, A. *Charge Feeder : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2012, 43 p. Thesis head: Noga, Z.

This thesis deals with the structural design of the server equipment for the three tips of the charge (rod, wire, granulate). Input is transported to the zone melting of a hollow cathode. All tips feeders are connected to one flange. The main emphasis is placed on the burner tray sealing section.

## Obsah

SEZNAM CIZÍCH SLOV .....	11
SEZNAM JEDNOTEK .....	12
1. ÚVOD .....	13
1.1 ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU .....	13
1.2 DOSAVADNÍ ŘEŠENÍ .....	14
2. REŠERŠE VÝPOČTŮ.....	16
ÚVOD .....	16
2.1 TYČ .....	16
2.2 DRÁT .....	17
2.3 PRÁŠEK.....	17
2.4 MAGNET .....	18
3. LITERÁRNÍ REŠERŠE .....	19
3.1 PRÁŠEK.....	19
3.2 PLAZMA.....	19
3.3 TITAN .....	19
3.4 ARGON .....	19
4. REŠERŠE KONSTRUKČNÍCH ŘEŠENÍ .....	20
4.1 POHONY.....	20
4.2 LINEÁRNÍ AKTUÁTOR .....	20
4.3 KROKOVÝ MOTOR.....	21
4.4 POJISTNÝ VENTIL .....	22



4.5	MAGNET .....	23
4.6	UCHYCENÍ VSÁZKY .....	23
a)	VARIANTA .....	23
b)	VARIANTA .....	24
c)	VARIANTA .....	24
d)	VARIANTA .....	24
4.7	VÝSLEDNÉ ZHODNOCENÍ UCHYCENÍ TYČOVÉ VSÁZKY .....	24
5.	SEZNAM POŽADAVKŮ .....	25
5.1	TYČ .....	25
5.2	DRÁT .....	25
5.3	PRÁŠEK .....	25
5.4	SEZNAM VLASTNOSTÍ .....	26
5.5	SEZNAM FUNKCÍ .....	26
6.	FUNKČNÍ STRUKTURA .....	26
6.1	TYČ .....	26
6.2	DRÁT .....	27
6.3	PRÁŠEK .....	27
7.	MORFOLOGICKÁ MATICE .....	28
7.1	TYČ .....	28
7.2	DRÁT .....	28
7.3	PRÁŠEK .....	28
8.	ORGÁNOVÁ STRUKTURA .....	29
9.	HRUBÁ STAVEBNÍ STRUKTURA .....	30

9.1	TYČ .....	30
9.2	DRÁT .....	31
9.3	PRÁŠEK .....	32
10.	ÚPLNÁ STAVEBNÍ STRUKTURA .....	33
10.1	TYČ .....	33
10.2	DRÁT .....	36
10.3	PRÁŠEK .....	38
11.	ZÁVĚR .....	40
	SEZNAM LITERATURY .....	41
	SEZNAM INTERNETOVÝCH ZDROJŮ .....	41
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	42
	SEZNAM TABULEK .....	43
	SEZNAM PŘÍLOH .....	43

## SEZNAM CIZÍCH SLOV

metalurgie	metallurgy
podavač	feeder
dávkovač	dispenser
tyč	rod
drát	wire
prášek	powder
Katoda	cathode
Anoda	anode
plazmový hořák	plasma torch
horizontální	horizontal
vertikální	vertical
Inertní plyn	inertgas
Wolfram	tungsten
Pec	fonace
Ochranná atmosféra	protective atmosphere
Slitina	alloy

## SEZNAM JEDNOTEK

Délka prutu	$l_t$	mm
Délka slitku	$l$	mm
Hmotnost prášku	$m_p$	kg
Hmotnost slitku	$m_s$	kg
Hustota	$\rho$	$\text{g/cm}^3$
Hustota titanu	$\rho$	$\text{kg/m}^3$
Krouticí moment	$M_k$	Nmm
Nosná hmotnost	$m_{\text{mag}}$	g
Objem prášku	$V_{\text{pr}}$	$\text{mm}^3$
Objem prutu	$V_p$	$\text{mm}^3$
Objem slitku	$V_s$	$\text{mm}^3$
Počet prutů	$n$	-
Průměr drátu	$d_d$	mm
Průměr drátu	$l_d$	mm
Průměr prutu	$d_t$	mm
Průměr slitku	$d$	mm
Síla	$F$	N
Sypná hustota titanu	$\rho_s$	$\text{g/cm}^3$
Tlak	$p$	MPa

# 1. ÚVOD

Mým úkolem je zpracovat a navrhnout podávací zařízení vsázky. Vsázka bude tvořena třemi druhy ve formě: tyče, drátu a prášku. V této práci jsem se zaměřil na dopravení materiálu do polohy pro tavení a poté posuv materiálu do hořáku k samotnému tavení. Posun vsázky do hořáku je pro tyčový materiál proveden pomocí lineárního aktuátoru, pro drátovou vsázku je pomocí krokového motoru a pro prášek se jedná o krokový motor napojený na dávkovací šnek. Podávací zařízení musí mít přechodovou komoru nebo musí být celé hermeticky utěsněné, protože zařízení bude přímo napojené na dutou katodu plazmového hořáku. Podávací zařízení bude podávat materiál dutou katodou do zóny tavení.

Protože se jedná o experimentální plazmovou pec s podáváním vsázky dutou katodou, tak použiji pro vytvoření práce metodiku konstruování, která mi pomůže při vývoji zařízení. Součástí metodiky konstruování je vytvoření seznamu požadavků, funkční struktury, morfologické matice, orgánové struktury a stavební struktury. Každá tato část mi pomůže při návrhu podávacího zařízení

Zařízení bude napojené na PC z důvodu kontroly a regulace tavby.

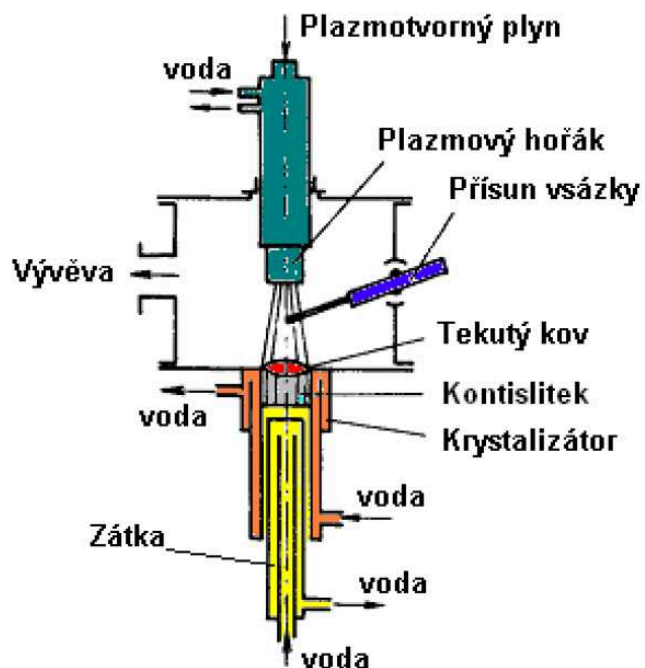
## 1.1 ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU

V současné době se na VŠB – TU Ostrava pro výrobu monokrystalu používá zařízení, které pro zahřátí vsázky využívá plazmového hořáku. Pro vytvoření plazmatu se používá čistý Argon. Dosavadní podávací zařízení pracuje na principu dopravení vsázky do hořákové sekce bočním vstupem. Doposud se do žádné plazmové pece nepřivádí vsázka dutou katodou.

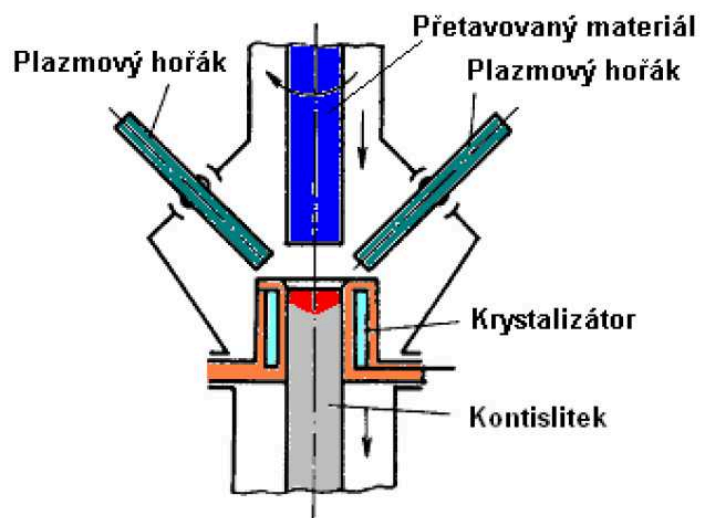
Ve světě se podobné zařízení používá pouze k laboratorním účelům. Mezi nejrozšířenější metody patří Physical Vapor Transport (PVT) a Bridgmanova metoda.

## 1.2 DOSAVADNÍ ŘEŠENÍ

a) Plazmová pec s kovovým, vodou chlazeným vertikálním krystalizatorem

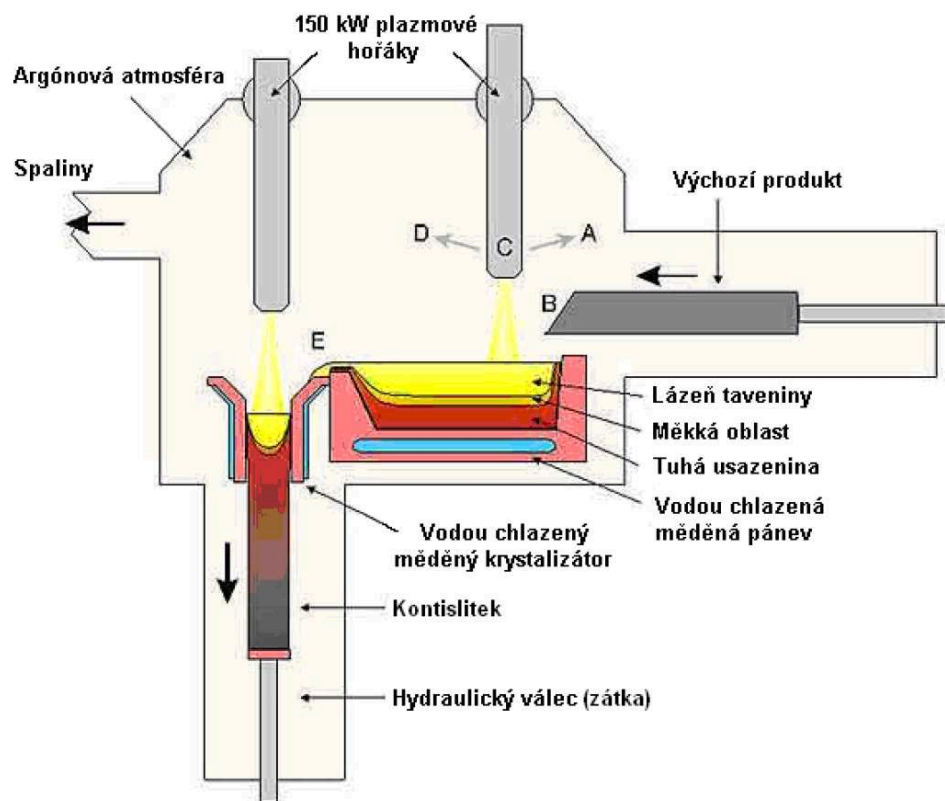


obr.1 – Schéma vertikálního krystalizátoru s jedním plazmovým hořákem [A]



obr.2 – Schéma vertikálního krystalizátoru se dvěma plazmovými hořáky [A]

b) Laboratorní plazmová pec na univerzitě v Birminghamu



obr.3: Schéma dvouhořákové plazmové pece [10]

## 2. REŠERŠE VÝPOČTŮ

### ÚVOD

Proto, abychom vyrobili kontislitek o rozměrech: průměr 35 mm a délky 400 mm potřebujeme znát množství polotovaru. Proto musíme vypočítat potřebný počet tyčí, délku drátu a objem prášku

#### Výpočet objemu slitku

$$\begin{aligned}V_s &= \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l \\V_s &= \frac{\pi \cdot 35^2}{4} \cdot 400 \\V_s &= \underline{\underline{384845,1 \text{ mm}^3}}\end{aligned}\tag{1.1}$$

Výpočet objemu kontislitku potřebujeme k výpočtům potřebného množství výchozího materiálu

### 2.1 TYČ

#### Výpočet objemu prutu:

$$\begin{aligned}V_p &= \frac{\pi \cdot d_t^2}{4} \cdot l_t \\V_p &= \frac{\pi \cdot 3^2}{4} \cdot 1000 \\V_p &= \underline{\underline{7068,6 \text{ mm}^3}}\end{aligned}\tag{1.2}$$

#### Výpočet počtu prutů

$$\begin{aligned}n &= \frac{V_p}{V_s} \\n &= \frac{384845,1}{7068,6} \\n &= 54,6\end{aligned}\tag{1.3}$$

Volím počet tyčí  $n = 56$ . Počet tyčí jsem zvolil 56 z důvodu zbytkových konců tyčí, které se nepoužijí



## 2.2 DRÁT

Výpočet délky drátu:

$$V_s = \frac{\pi \cdot d_d^2}{4} \cdot l_d \Rightarrow l = \frac{V_s \cdot 4}{\pi \cdot d_d^2}$$
$$l_d = \frac{384845,1 \cdot 4}{\pi \cdot 1^2}$$
$$l_d = 490m \quad (1.4)$$

Volím l = 500 m

Velikost cívky volím na základě délky drátu potřebného pro 1 slitek

Pro výpočet cívky potřebné pro 500m drátu použijeme zdroj z internetu [4]

## 2.3 PRÁŠEK

Výpočet hmotnosti slitku:

$$m_s = V_s \cdot \rho$$
$$m_s = 0,0003848451 \cdot 4500$$
$$m_s = \underline{\underline{1,732kg}} \quad (1.5)$$

Výpočet hmotnosti prášku:

$$m_p = m_s$$

Volím mp = 1,8kg

Výpočet objemu prášku:

$$m_p = V_{pr} \cdot \rho_s$$
$$V_{pr} = \frac{m_s}{\rho_s}$$
$$V_{pr} = \frac{1800}{1,5}$$
$$V_{pr} = \underline{\underline{1200cm^3}} \quad (1.6)$$

## 2.4 MAGNET

### Výpočet hustoty magnetu NdFeB:

Celý vzorec je  $Nd_2Fe_{14}B$ , z čehož usuzuji, že poměr prvků ve sloučenině je 2:14:1. Z poměru sloučeniny a hustoty jednotlivých prvků vypočítám výslednou hustotu.

$$Nd = 7,01 \text{ g/cm}^3, \quad Fe = 7,86 \text{ g/cm}^3, \quad B = 2,08 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho = \frac{2 \cdot Nd + 14 \cdot Fe + B}{17} = \frac{2 \cdot 7,01 + 14 \cdot 7,86 + 2,08}{17} = \underline{\underline{7,42 \text{ g/cm}^3}} \quad (1.7)$$

### Výpočet hmotnosti magnetu:

$$m = V \cdot \rho = \left( \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot L + \frac{\pi \cdot d_2^2}{4} \cdot L \right) \cdot \rho$$

$$m = \left( \frac{\pi \cdot 0,6^2}{4} \cdot 0,3 + \frac{\pi \cdot 0,2^2}{4} \cdot 0,3 \right) \cdot 7,42$$

$$m = 0,70 \text{ g} \quad (1.8)$$

Hmotnost magnetu je  $m = 0,7 \text{ g}$

### Výpočet magnetické síly:

Vycházím z nosnosti magnetu NdFeB, který je minimálně 1000x násobek vlastní hmotnosti.

$$m_{mag} = m \cdot 1000 = 0,7 \cdot 1000 = \underline{\underline{700 \text{ g}}} \quad (1.9)$$

Magnet tedy unese minimálně těleso o hmotnosti  $m_{mag} = 700 \text{ g}$ .

Tyč váží  $m_t = 127 \text{ g} \leq 700 \text{ g}$  Takže magnet tyč unese.

### 3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

#### 3.1 PRÁŠEK

Je charakterizován fyzikálními (distribuce a velikost částic, tvar a morfologie povrchu, tvrdost, atd.) a technologickými vlastnostmi (lisovatelnost, tekutost, sypný objem, atd.). Podle způsobu výroby mohou mít prášky různý tvar (kulový, lístkový, nepravidelný, zrna zaoblená, atd.). Prášky je možno vyrábět fyzikálními, fyzikálně-chemickými, chemickými nebo elektrochemickými způsoby. Z ekonomického hlediska má největší vliv cena prášku. Vhodně upravené prášky se zpravidla lisují do požadovaného tvaru a získaný tvar se následně zpracovává spékáním, aby se dosáhlo potřebných fyzikálních a mechanických vlastností. Největší výhodou práškové technologie je vysoké využití kovu při nižší spotřebě energie, snížené pracnosti a nákladech, čistota prostředí. Další výhodou je isotropie mechanických vlastností. [5]

#### 3.2 PLAZMA

Je ionizovaný plyn složený z iontů, elektronů (a případně neutrálních atomů a molekul), který vzniká odtržením elektronů z elektronového obalu atomů plynu, či roztržením molekul (ionizací). Plazma je čtvrté skupenství hmoty.

Aby byl ionizovaný plyn považován za plazmu, musí vykazovat kolektivní chování a kvazineutralitu. Plazma je nejrozšířenější forma látky, tvoří až 99 % pozorované atomární hmoty vesmíru.

Podle teploty se rozlišují 2 druhy plazmatu. Je to vysokoteplotní a nízkoteplotní plazma. Vysokoteplotní plazma má řádově  $10^6$  K. [4]

#### 3.3 TITAN

Titan má chemickou značku Ti. Dal by se charakterizovat jako lehký, pevný, korozivzdorný, odolný a zdravotně nezávadný stříbřitě bílý kov. Jako čistý kov je velice drahý, vzhledem na náklady při jeho výrobě, a proto se používá při výrobě slitin s jinými kovy a to zejména s hliníkem a vanadem. [9]

#### 3.4 ARGON

Je jednoatomový, bezbarvý plyn, těžší než vzduch. Argon se stejně jako ostatní vzácné plyny vyznačuje značnou chemickou netečností. V přírodě se vyskytuje jako součást vzduchu. Výroba argonu se provádí frakční destilací zbytků kapalného vzduchu po odstranění kyslíku a

dusíku. Surový argon se dále používá k výrobě neonu a xenonu. Díky své netečnosti je argon používán jako inertní plyn. [8]

## 4. REŠERŠE KONSTRUKČNÍCH ŘEŠENÍ

### 4.1 POHONY

Jako pohony pro moje varianty jsem zvolil aktuátory od firmy **servo-drive**

**Výhody:**

- Nízká cena
- Přesnost
- Ovládání pomocí PC a dodávaného softwaru

Zvolil jsem dva druhy motorů, které budu používat a to lineární aktuátor a krokový motor s budičem. Lineární aktuátor použiji pro vedení tyčové vsázky do hořáku. Krokový motor použiji jako univerzální pohon pro ostatní varianty. A to díky programovatelnosti pohonu a unifikaci podavačů. Použiji ho tedy pro pohon revolverového zásobníku pro tyčovou vsázku, pohon válce pro posuv drátové vsázky a pohon dávkovacího šneku pro práškovou vsázku.

### 4.2 LINEÁRNÍ AKTUÁTOR

Krokový motor integrovaný do kompletního jednoosého pohonu. "T" drážka je integrovaná do vnější kolejnice ze spodu a ze stran podepřená po celé délce s mnoha montážními volbami. Kvalitní ložisko zajišťuje hladký pohyb s nízkým třením po celé délce vybroušeného hliníkového profilu. Kolejnice zajišťuje mezikoncovou osovou stabilitu, přesný pohyb a vysokou přesnost systému. Automatické vymezení vůle v kolmém směru na pohyb, díky patentovanému lineárnímu ložisku. Životnost je stejná jako životnost pohybového šroubu podobné velikosti. [1]



Obr. 4 - Lineární krokový motor - kompletní pohon s krokovým motorem a pohybovým šroubem [2]

**Výkonnostní parametry:**

- Max rychlost 500 mm/s
- Max délka 1000 mm
- Max zatížení ve směru osy Z 225 N
- Max zavěšené zatížení 225 N
- Přímočará přesnost : +/- 1.0 mm / metr
- Zkroucení: +/- 0.75 Degrees /metr
- Max momenty na vozík (Mx,My,Mz): 8.5 N

### 4.3 KROKOVÝ MOTOR

Krokový motor s budičem, řízením a enkodérem - SilverPak 17CE.

Krokové motory jsou vhodné pro aplikace, kde je požadováno přesné řízení polohy při nízkých a středních rychlostech, předností jsou i nízké ceny a minimální náklady na údržbu.

Krokový motor s budičem se vyznačuje možným přepínáním režimů – provádění, stop, čekání. Je samostatně pracující a může uložit až 16 různých programů do 4 kB paměti. [2]



Obr 5 - Krokový motor s budičem, řízením a enkodérem [2]

#### 4.4 POJISTNÝ VENTIL

Zvolil jsem normální pojistný ventil s uzavíracím tělesem s těsněním FPM, s otevřeným víkem pružiny, s volným odfukem, s odlehčovacím mechanismem. Vstup je vnější závit typu G podle ISO 228/1. Zvolený pojistný ventil používám z důvodu vyměnitelnosti zásobníku práškové vsázky, kde bude použit jako odfukovací ventil nežádoucího vzduch, který zůstane v přechodové komoře. [6]



Obr.6 - Pojistný ventil Typ 06205 [6]

## 4.5 MAGNET

Jedná se o slinované NdFeB magnety, které jsou vyráběny spékáním ze směsi vzácných zemin Neodym-Železo-Bor (NdFeB). Mají nejvyšší energii mezi současnými permanentními magnety.

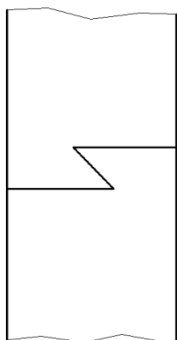


Obr.7 – NdFeB válec [11]

## 4.6 UCHYCENÍ VSÁZKY

Pro uchycení tyčové vsázky jsem zvolil několik variant, z nichž pak vyberu konečnou, nebo více použitelných. Tyto varianty jsem zvolil z důvodu uchycení materiálu, kde nesmím zvětšit průměr tyče z důvodu posunu tyče do hořáku vedením.

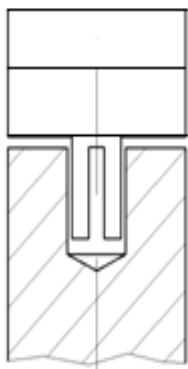
### a) VARIANTA



Jedná se o provedení drážky typu Z, kde držení tyčového materiálu je přes tvarové spojení. Je to varianta jednoduchá, ale prakticky se použít nedá, protože by se musela tyč ještě pojistit proti axiálním silám.

Obr.8 – Uchycení tyčové vsázky: Z drážka

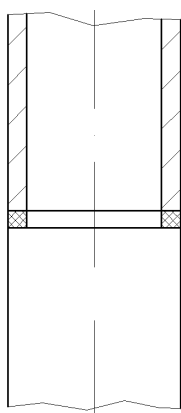
#### b) VARIANTA



Jedná se o uchycení tyče pomocí rozpínacího kroužku a magnetu, kde se na konec tyče připevní pomocí rozpínacího kroužku feromagnetický mezičlen, ke kterému se přichytí magnet. Tato varianta je vhodná k použití, protože jediná úprava tyče je vyvrtání díry a nalepnutí feromagnetického mezičlenu.

Obr.9 – Uchycení tyčové vsázky: Rozpínací kroužek s magnetem

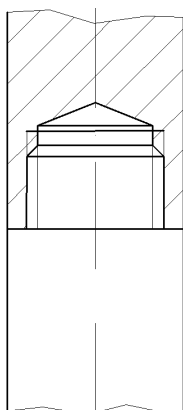
#### c) VARIANTA



Zde se jedná o variantu uchycení pomocí podtlaku. Tato metoda není vhodná pro použití, protože by vyžadovala další zařízení pro vytvoření podtlaku a řízení.

Obr.10 – Uchycení tyčové vsázky: Podtlak

#### d) VARIANTA



Tato varianta je provedena pomocí závitů. Je to varianta efektivní, avšak vyžaduje vytvoření závitů na tyčovém materiálu.

Obr.11 - Uchycení tyčové vsázky: Závit

### 4.7 VÝSLEDNÉ ZHODNOCENÍ UCHYCENÍ TYČOVÉ VSÁZKY

Zvolil jsem variantu č. 2, protože je zde minimální úprava tyčového materiálu a jedná se o nejrychlejší a nejefektivnější upnutí. Pro materiály s menší tvrdostí než používaný titan, je vhodnější použít variantu se závitěm



## 5. SEZNAM POŽADAVKŮ

### 5.1 TYČ

- Posun vsázky do hořáku
- Zpětný posun vsázky – v případě poruchy
- Okruh v uzavřené atmosféře (Argon) – ochranná atmosféra z důvodu zabránění oxidace
- Výměnná hlava podavače v případě změny průměru vsázky
- Jednoduché uchycení vsázky k aktuátoru
- Jednoduchá konstrukce
- Regulace rychlosti posuvu vsázky
- Diskontinuální podávání
- Hermetická těsnost podavače u hořákové sekce
- Lehká konstrukce

### 5.2 DRÁT

- Jednoduchá konstrukce
- Snadná výměna cívky
- Hermetická těsnost podavače u hořákové sekce
- Pozastavení podávání
- Drát osově veden do hermetické části podavače
- Výměnná pryžová obložení válců
- Nastavení polohy cívky (z důvodu tuhosti drátu)
- Snadné zavedení drátu při startu podávání

### 5.3 PRÁŠEK

- Kontinuální podávání
- Hermetická těsnost podavače
- Zaškrvení (přerušování) podávání prášku
- Možnost výměny zásobníku během podávání
- Odfuk vzduchu z přechodové komory (při výměně zásobníku)
- Uzavření podavače i zásobníku (při výměně zásobníku, aby neucházel argon)
- Průhlednost zásobníku

## 5.4 SEZNAM VLASTNOSTÍ

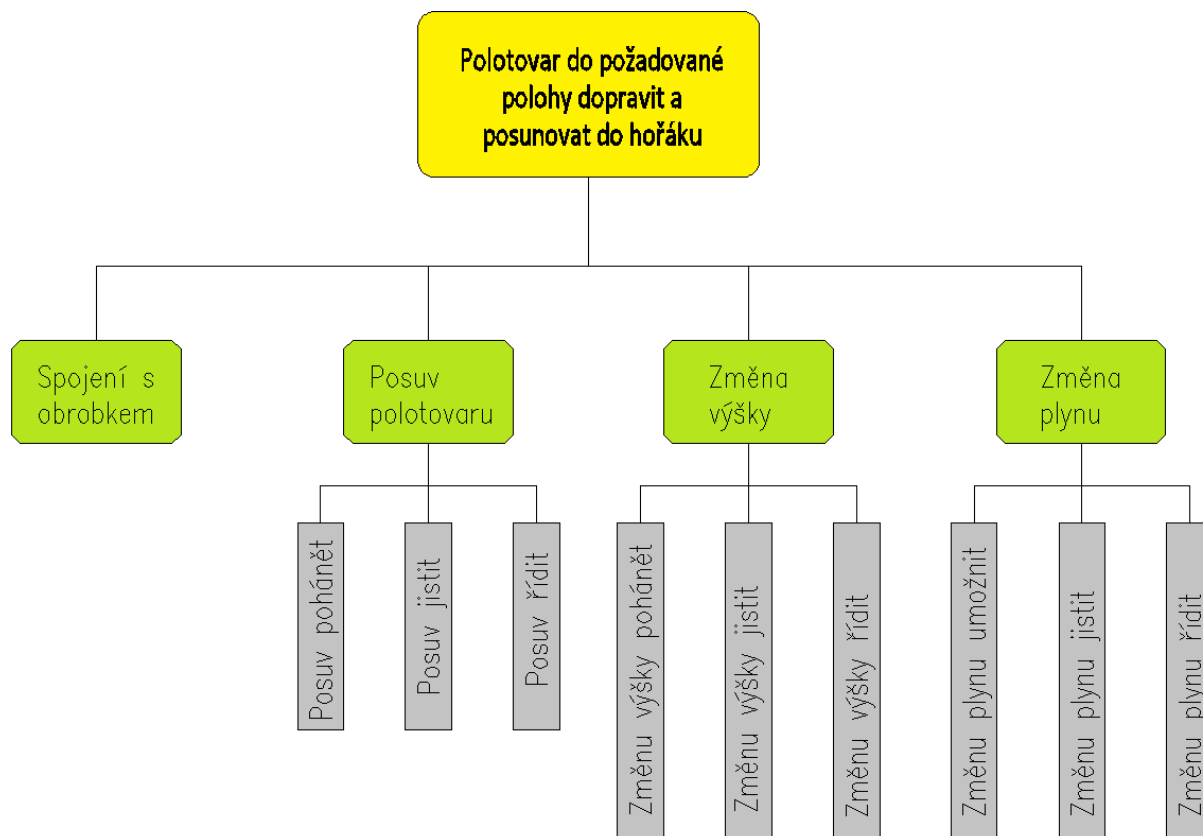
- Výkon – požadovaný výkon motorů
- Ovladatelnost – jednoduchá manipulace se vsázkou prostřednictvím ovládání
- Bezpečnost – zajištění bezpečnosti pracoviště
- Snadná údržba – jednoduchá vyměnitelnost poškozených nebo nefunkčních dílů
- Náklady – minimální náklady na provoz a opravy
- Produktivita – zajištění plynulosti provozu

## 5.5 SEZNAM FUNKCÍ

- Pohon podavače
- Zajistit ochrannou atmosféru
- Utěsnit podavače (z důvodu úniku ochranné atmosféry a vniku vzduchu)
- Kontrola atmosféry
- Možnost regulovat rychlost posunu vsázky

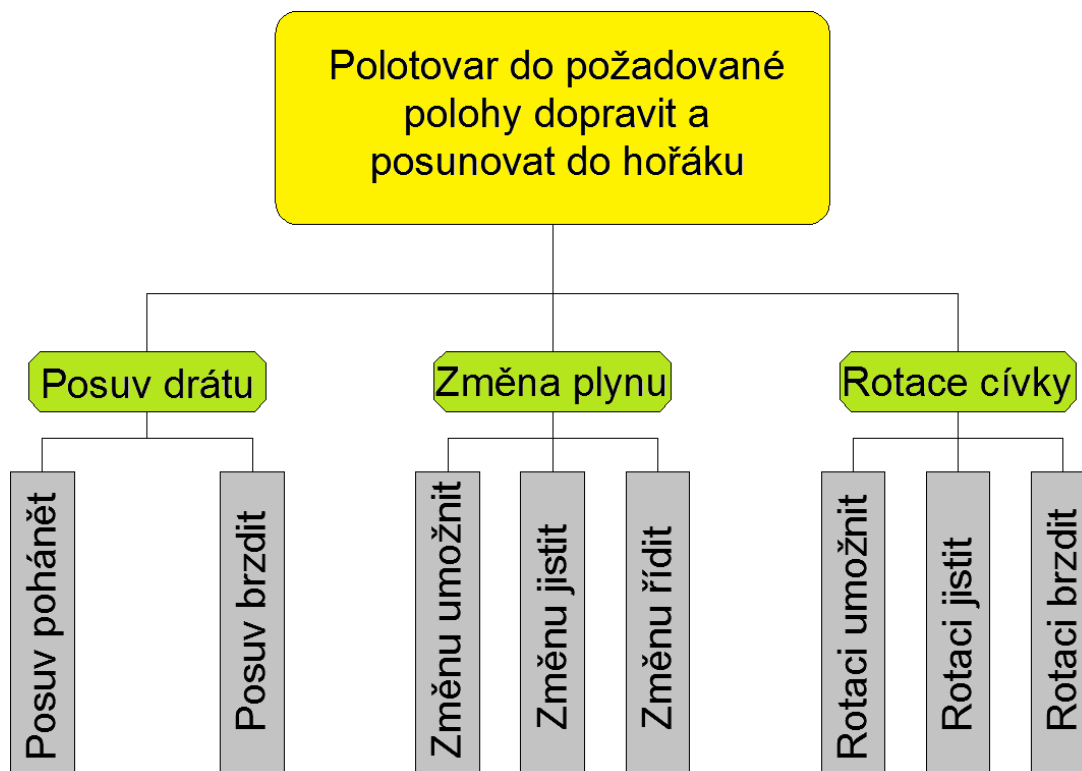
# 6. FUNKČNÍ STRUKTURA

## 6.1 TYČ



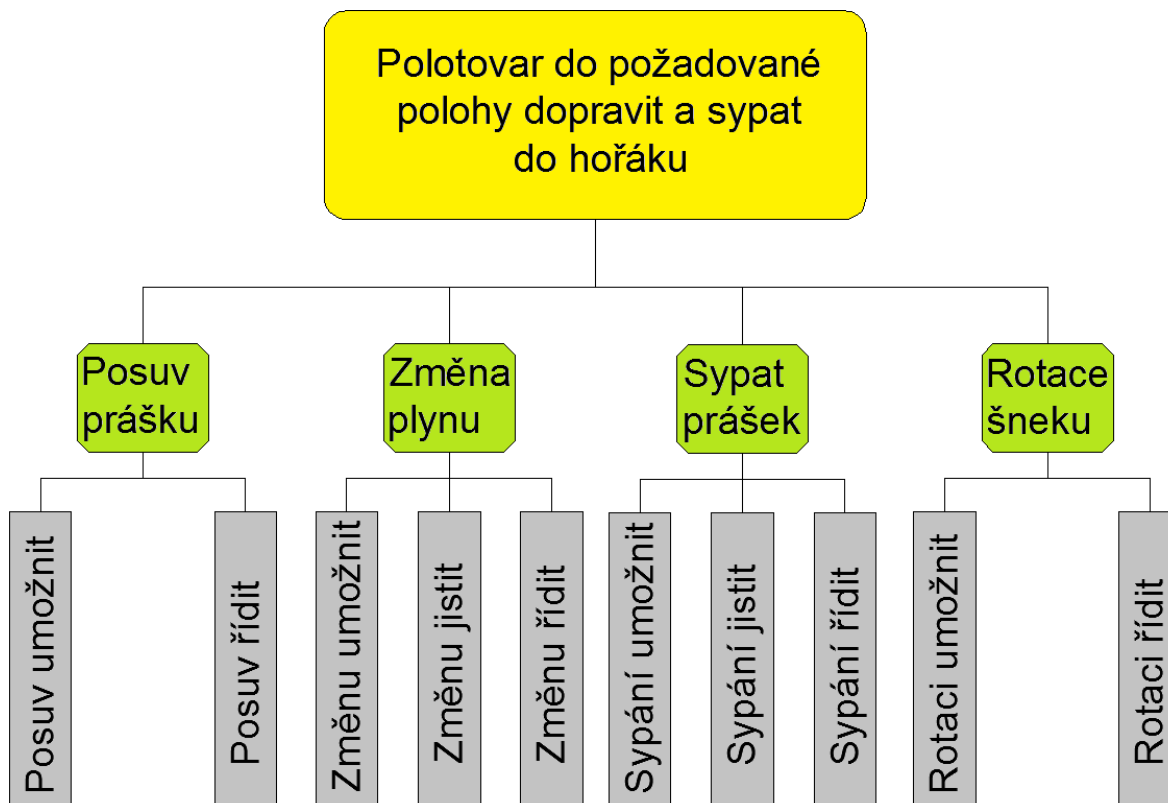
Obr.12 – Funkční struktura podavače tyčové vsázky

## 6.2 DRÁT



Obr.13 – Funkční struktura podavače drátové vsázky

## 6.3 PRÁŠEK



Obr.14 – Funkční struktura podavače práškové vsázky

## 7. MORFOLOGICKÁ MATICE

### 7.1 TYČ

Funkce		1	2	3
1	Rotace zásobníku	Krokový motor	Ruční	Elektromotor s převodovkou
2	Uchycení tyče	Z-drážka	Magnet	Závit
3	Posun do hořáku	Krokový motor	Lineární aktuátor	Elektromotor
4	Výměna atmosféry	Kompresor	Vývěva + Ar láhev	Argonová láhev
5	Těsnit	Silikonové těsnění	Pryžová membrána	Pryžová ucpávka

Tab.1 – Morfologická matice tyčové vsázky

### 7.2 DRÁT

Funkce		1	2	3
1	Pohon válce	Krokový motor	Ruční	Elektromotor s převodovkou
2	Zavedení drátu	Robotická ruka	Klika	Ruční
3	Navádění drátu do osy	Kladka	Vedení	Vodící kužel
4	Výměna atmosféry	Kompresor	Vývěva	Argonová láhev
5	Těsnit	Silikonové těsnění	Pryžová membrána	

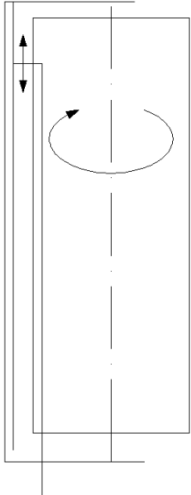
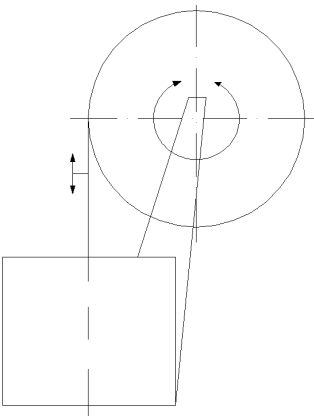
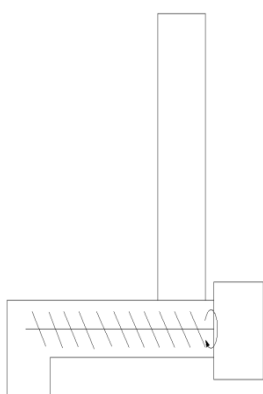
Tab.2 – Morfologická matice drátové vsázky

### 7.3 PRÁŠEK

Funkce		1	2	3
1	Pohon šneku	Hydromotor	Krokový motor	Elektromotor s převodovkou
2	Uchycení zásobníku	Vedení	Excentrický upínák	Šrouby
3	Regulovat sypání	Dávkovací šnek	Šoupátko	Kalibrováný průměr
4	Výměna atmosféry	Kompresor	Vývěva	Argonová láhev
5	Těsnit	Silikonové těsnění	Pryžová membrána	
6	Uzavírání	Excentrické uzavírání	Šoupátko	Klapka

Tab.3 – Morfologická matice práškové vsázky

## 8. ORGÁNOVÁ STRUKTURA

Kritéria	Tyč	Drát	Prášek
			
Náročnost montáže	4	3	2
Přesnost dávkování	2	2	2
Pořizovací cena	4	3	2
Provozní náklady	3	3	2
Náklady na opravu	4	4	3
Výrobní náklady	3	3	4
<b>CELKEM</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>15</b>

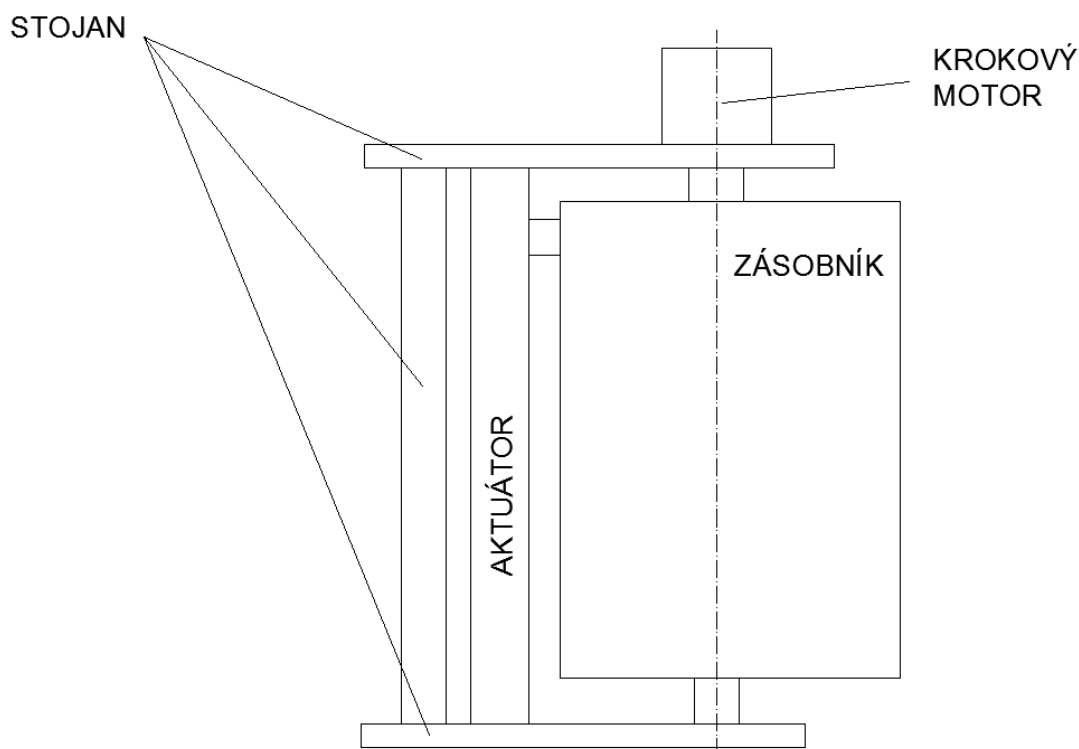
Tab.4 – Orgánová struktura

## 9. HRUBÁ STAVEBNÍ STRUKTURA

### 9.1 TYČ

#### Zadání

Navrhnout podavač tyčové vsázky pro 1 m dlouhé tyče z titanu. Podavač musí splňovat použitelnost různých průměrů používaných tyčí a to 3 – 6 mm. Výsledný kontislitek má průměr 35 mm a délku 400 mm.



Obr. 15 – Hrubá stavební struktura pro tyčovou vsázku

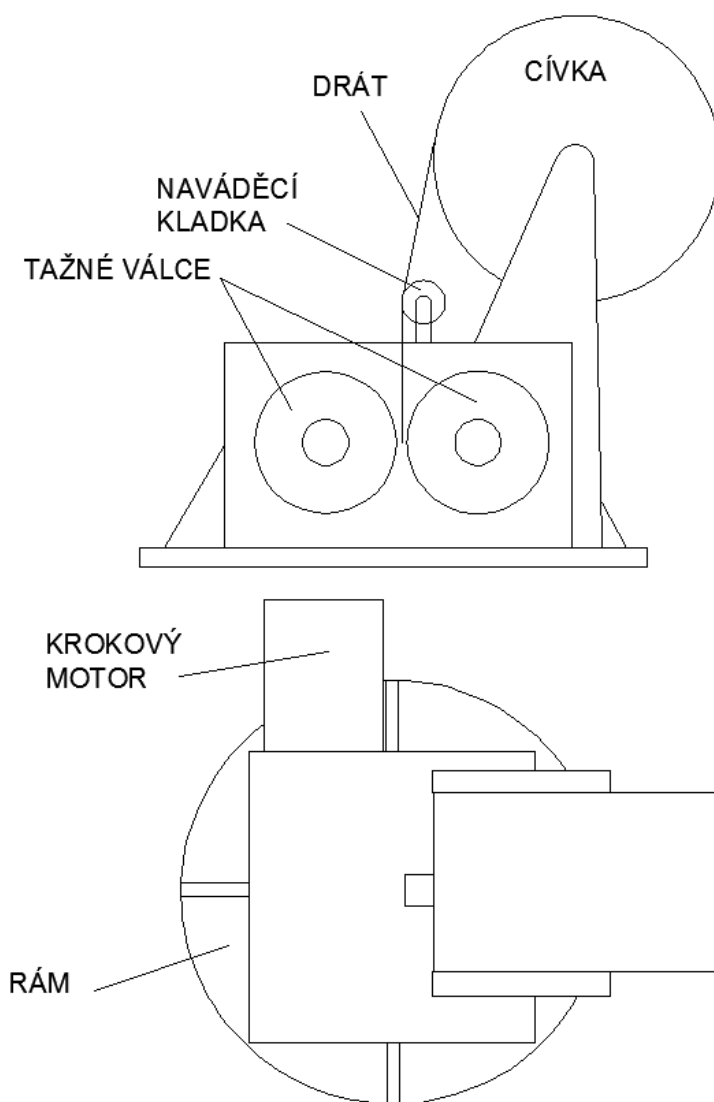
Horní část stojanu se musí vyklápět, a to z důvodu nasazení vyjímatelného zásobníku. Proto se skládá z 2 dílů, které jsou spojeny speciálním pantem, který umožňuje přesné nastavení polohy obou součástí.

Výsledné zařízení musí obsahovat ještě přechodovou komoru, protože tavba se provádí v ochranné atmosféře a to v argonu. Také tzv. „Vyrážec“, zde plní 2 funkce, a to funkci otáčení držáku a funkci vyrážení zbytku. Protože nemůžeme zbylý konec tyče pustit do prostoru tavby, vzniká zbytek magnetu a kousek tyče. Tento zbytek musí být odstraněn z držáku, aby se mohla uchytit nová tyč. Takže „vyrážec“, nejprve otočí držák na stranu a potom odrazí zbytek do zachytného koše.

## 9.2 DRÁT

### Zadání

Navrhnout podavač drátové vsázky z titanu. Podavač musí splňovat použitelnost různých průměrů používaného drátu a to 1 – 2,5 mm. Výsledný kontislitek má průměr 35 mm a délku 400 mm.



Obr. 16 – Hrubá stavební struktura pro drátovou vsázku

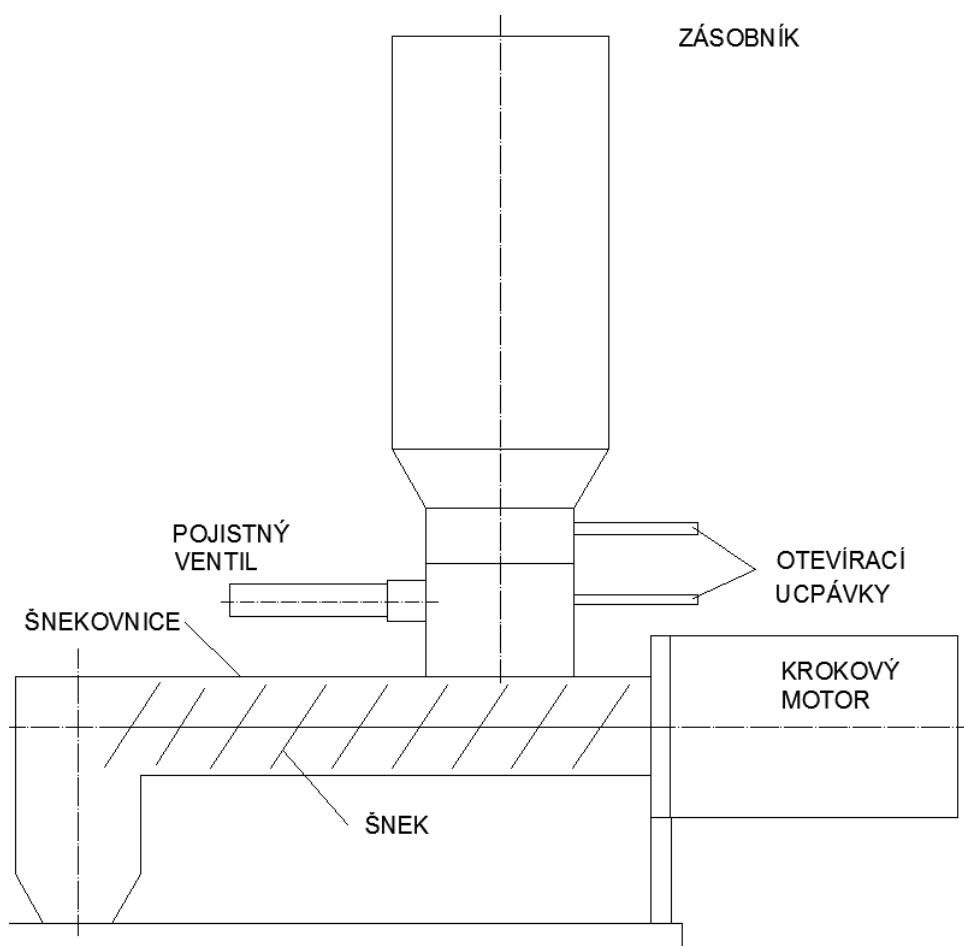
Cívku drátu máme umístěnu nad rámem s přechodovou komorou, kde jsou umístěny poháněcí válce. Opět musí být přechodová komora pod ochrannou atmosférou.

Výsledné zařízení musí obsahovat ještě kliku, kterou budeme používat pro lepší zavedení drátu mezi poháněcí válce. Také musí být nastavitelná poloha cívky, protože nevíme jakou ohebnost bude mít používaný drát.

### 9.3 PRÁŠEK

#### Zadání

Navrhnout podavač práškové vsázky z titanu. Podavač musí splňovat použitelnost různých velikostí používaného prášku a to 30  $\mu\text{m}$  – 3 mm. Výsledný kontislitek má průměr 35 mm a délku 400 mm.



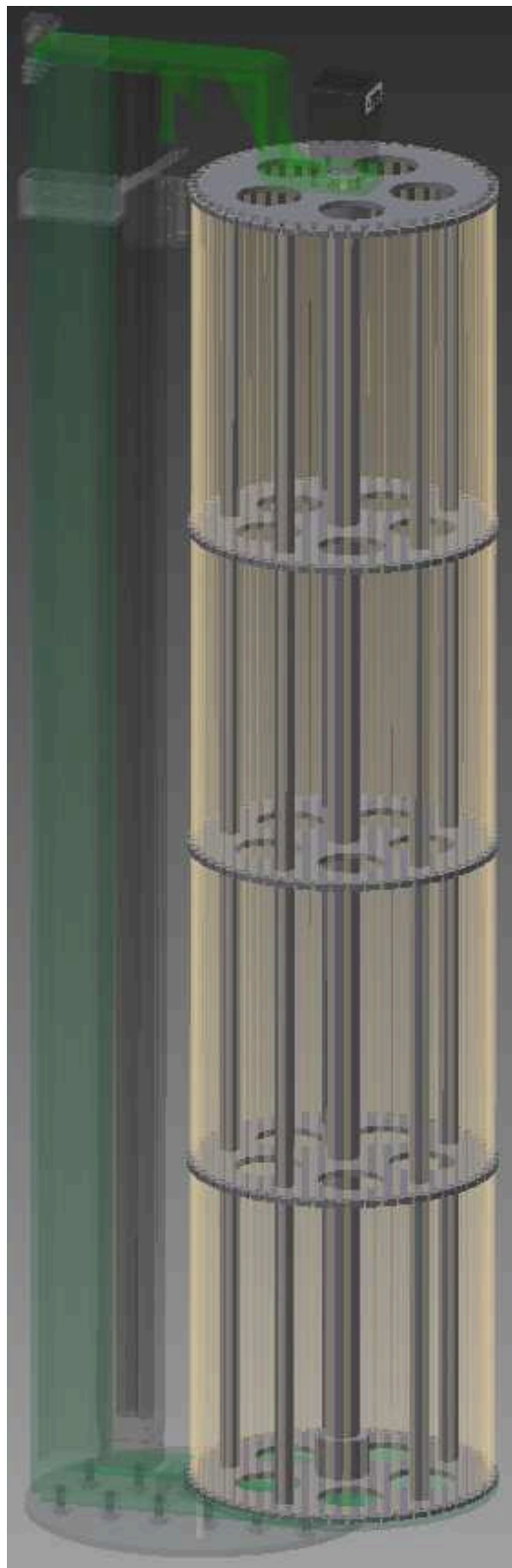
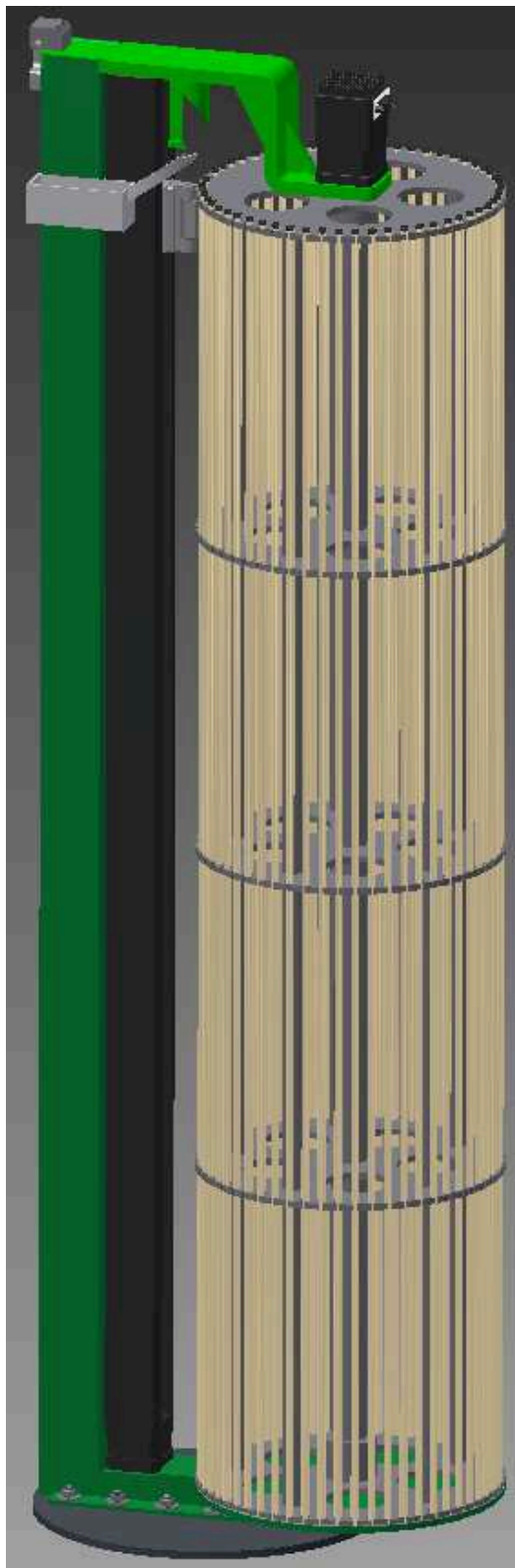
Obr. 17 – Hrubá stavební struktura pro práškovou vsázku

Výsledné zařízení má dvě ucpávky a to z důvodu vyměnitelnosti zásobníku během tavby, nebo uzavření zásobníku v případě zbytku prášku v zásobníku. Zařízení je navrženo tak, že nasadíme zásobník do přechodové komory a tím utěsníme přechodovou komoru. Poté otevřeme ucpávku u šnekovnice a profoukneme argonem. Nežádoucí atmosféra se vyfoukne pojistným ventilem. Poté už jenom otevřeme ucpávku v zásobníku a tavba může začít.



## 10. ÚPLNÁ STAVEBNÍ STRUKTURA

### 10.1 TYČ



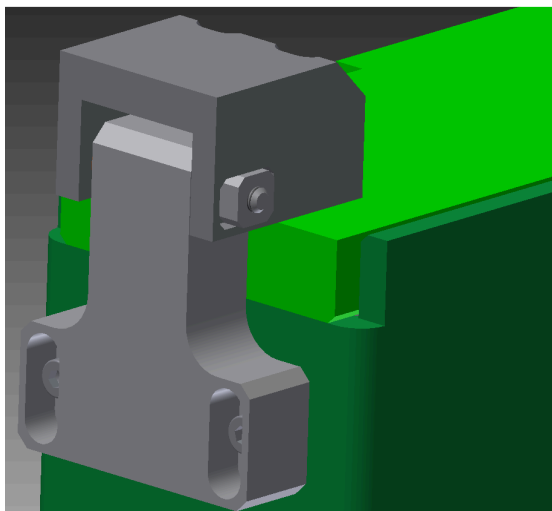
Obr. 18 a 19 – Úplná stavební struktura pro tyčovou vsázku

Na obr. 2 vidíme kompletní model úplné stavební struktury. Model už obsahuje všechny potřebné součásti, které musí mít. Výsledné zařízení tedy bude vypadat jako na obrázku 2.

V přípravné fázi se odklopí horní část rámu, kde je připevněn motor. Poté se nasadí zásobník s tyčovým polotovarem na čep spodního rámu. Dále přiklopíme horní část rámu. Pak je třeba uchytit polotovar k aktuátoru. Což je provedeno přes kloubový magnetický držák.

Při samotném procesu tavby se posunuje tyčová vsázka pomocí lineárního aktuátoru. Při zpětném posuvu, kdy se dostane držák nad zásobník, se otočí a odrazí zbytek tyče s magnetem. Mezitím se zásobník pomocí krokového motoru otočí k další tyči. Tyč ještě prostupuje přechodovou komorou, kde je Argon. Tento cyklus se opakuje do konce tavby.

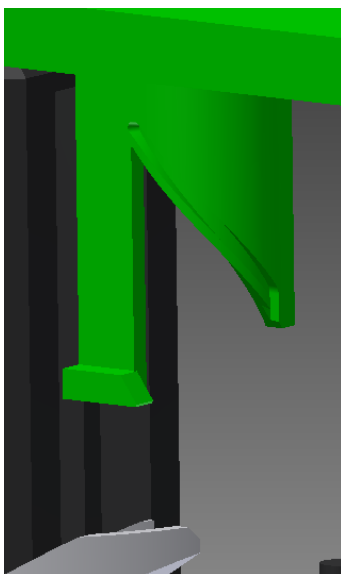
### **Pant**



Obr. 20 – detailní zobrazení pantu

Pant je navrhnut tak, aby byl nastavitelný ve 3 osách. Což nám umožňuje přesné uchycení. Součástí celkového kloubového spojení částí rámu je ještě vedení, které umožňuje pohyb horní částí rámu jenom v jednom směru. Je zde taky z důvodu zachycení nežádoucích posuvů.

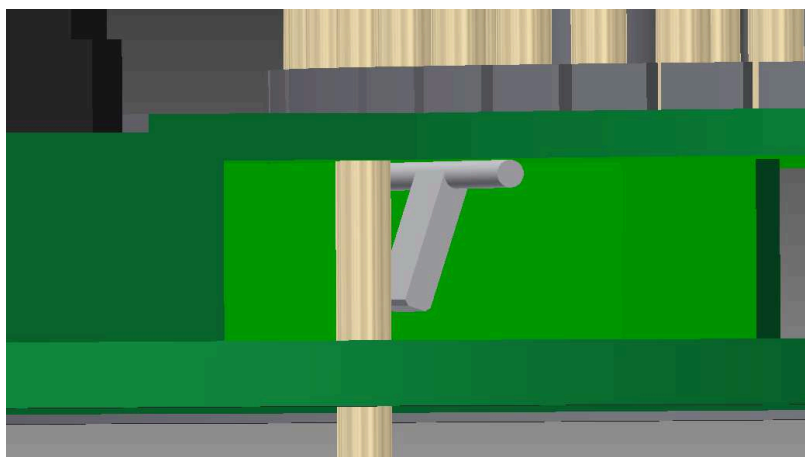
## Vyrážeč



Obr. 21 – detailní zobrazení vyrážeče

Vyrážeč je navrhnut tak, aby otočil držák se zbytkem tyče a oddělil od sebe magnetické konce. Pod vyrážeč je připevněn zbytkový koš, který zachycuje zbytkové konce.

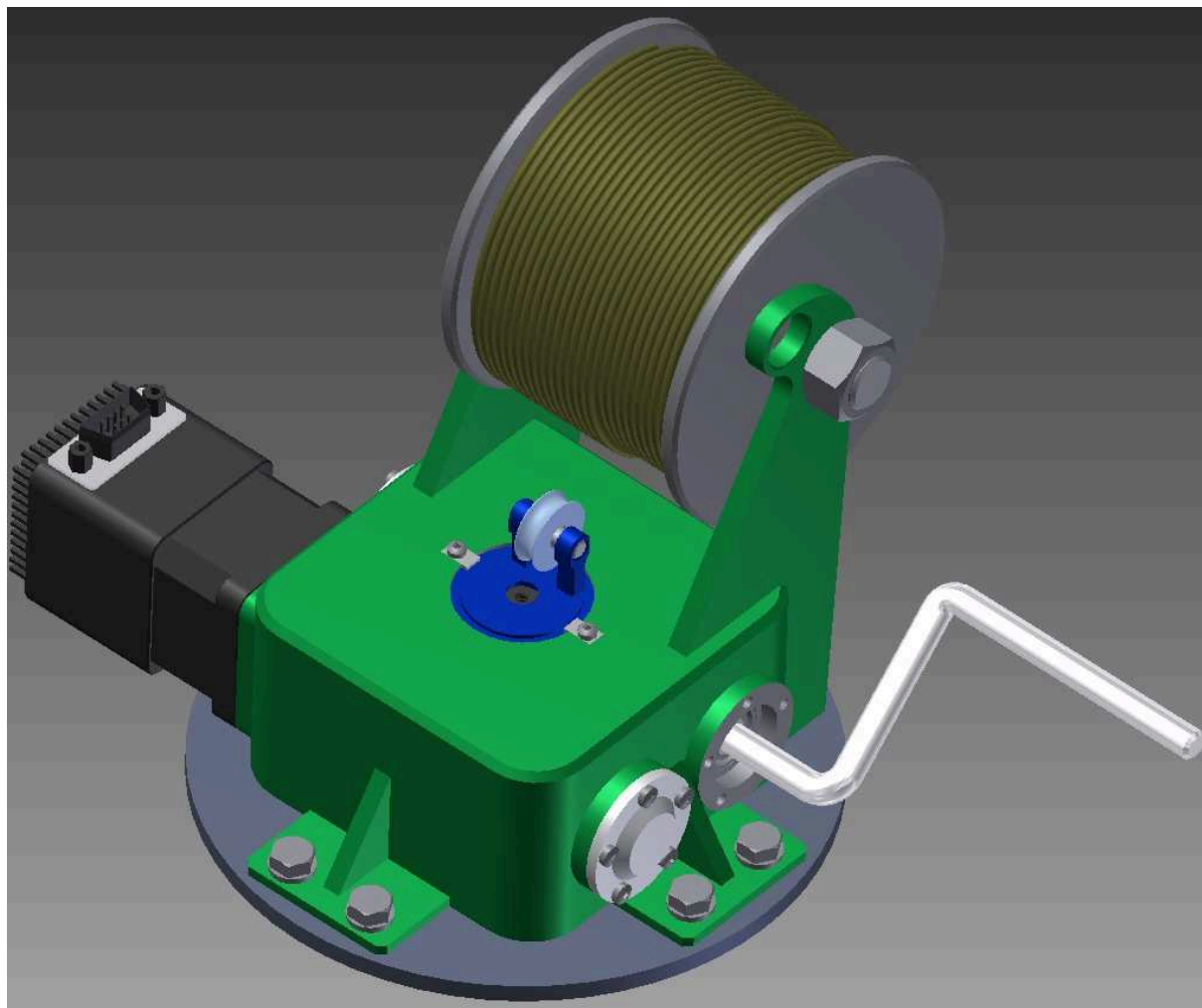
## Přechodová komora



Obr. 22 – detailní zobrazení přechodové komory

Přechodová komora se naplní Argonem. Argon je zde z důvodu, aby kyslík nekontaminoval kontislitek. Díky mírnému přetlaku v komoře se uzavírací člen uzavře, aby během zpětného chodu aktuátoru neunikal Argon z komory. Unikání Argonu při samotné tavně brání silikonové těsnění, které plní funkci těsnící a taky zabraňuje vypadnutí tyčí během manipulace se zásobníkem. Silikonové těsnění se při začátku posuvu tyčové vsázky propíchne.

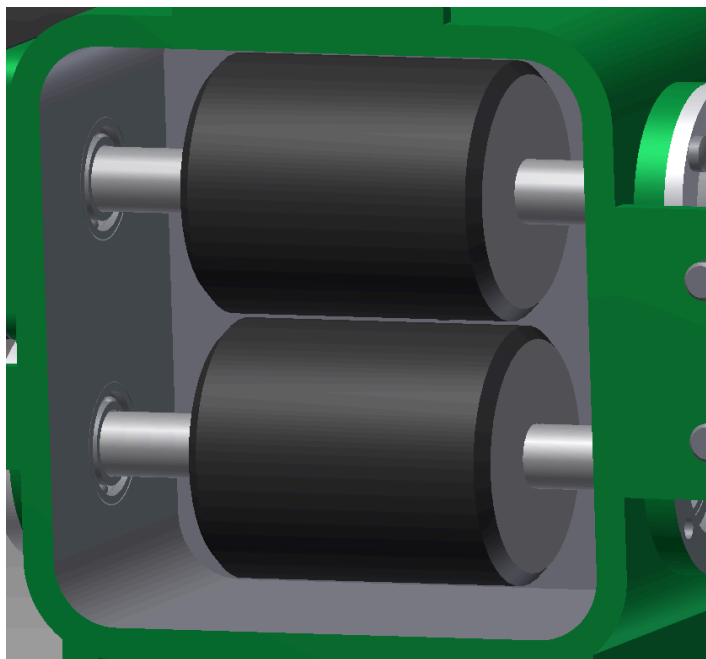
## 10.2 DRÁT



Obr. 23 – Úplná stavební struktura pro drátovou vsázku

Zde vidíme model, jak bude výsledné zařízení vypadat. Máme zde kladku, která navede drát kolmo do přechodové komory. Kladka musí být otočná z důvodu navinutí drátu. Vidíme zde také kliku, kterou použijeme před procesem tavby k lepšímu zavedení drátu. Po zavedení drátu se klika vyjme a prostor se uzavře víkem se šrouby.

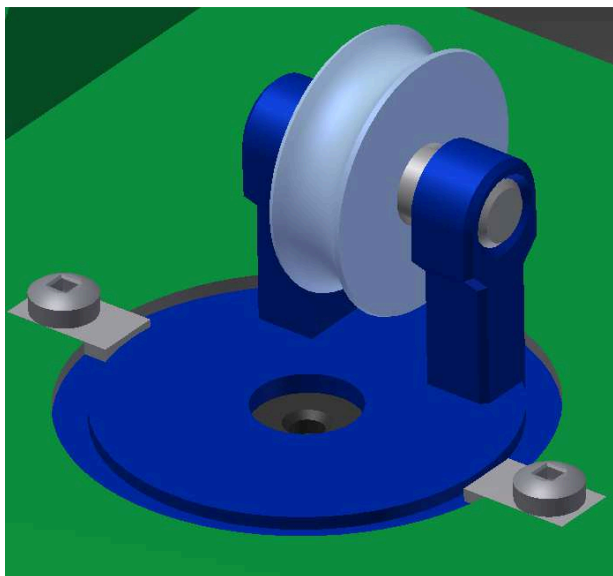
### Vnitřní prostory podavače



Obr. 24 – Vnitřní prostory drátového podavače

Zde vidíme vnitřní prostory přechodové komory a umístění válců. Válce mají na svém obvodu pryžový obal, který zvyšuje tření mezi válcem a drátem.

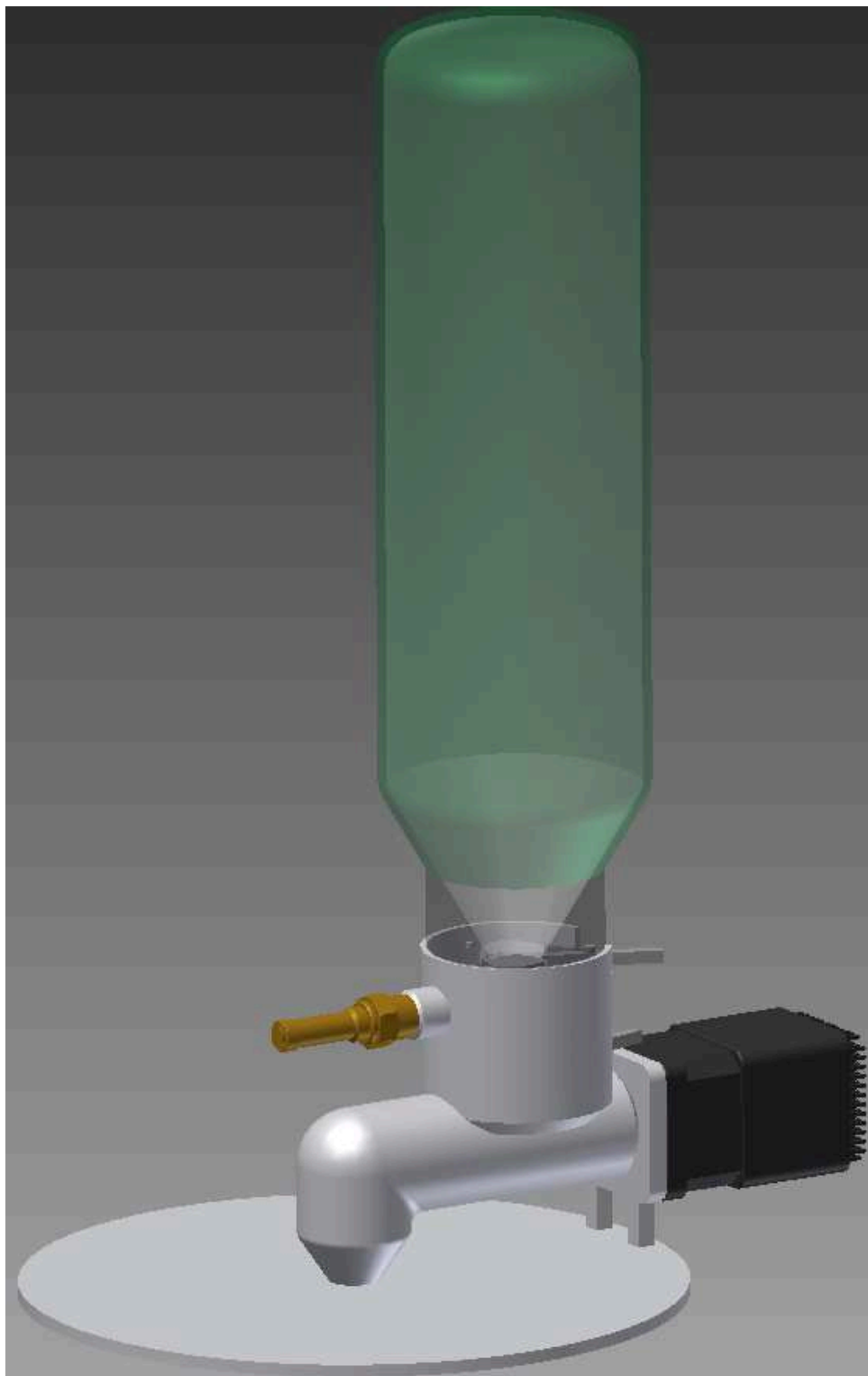
### Naváděcí kladka



Obr. 25 – Detailní zobrazení naváděcí kladky

Naváděcí kladka navádí drát do středu. Kladka se může otáčet a to z důvodu posuvu drátu při odvíjení z cívky.

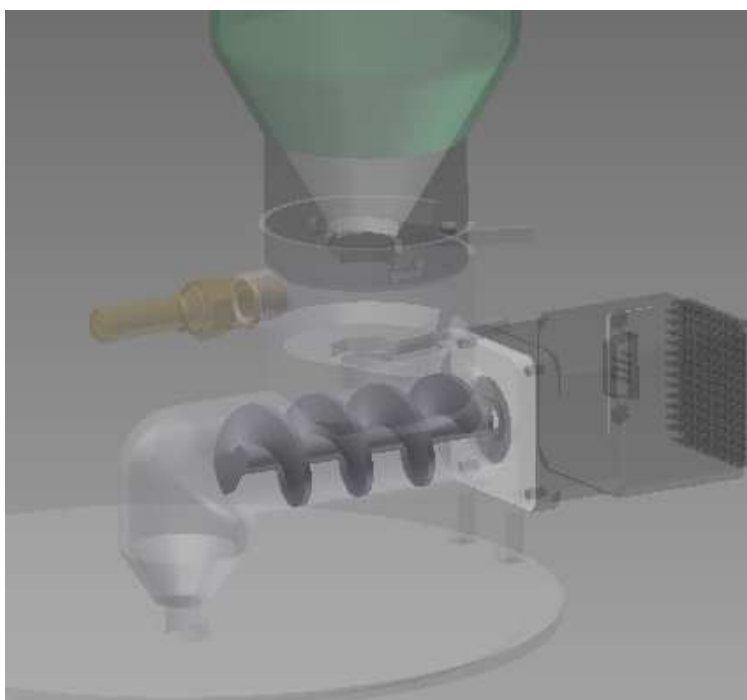
### 10.3 PRÁŠEK



Obr. 26 – Úplná stavební struktura pro práškovou vsázku

Zde vidíme výsledný model zařízení. Tělo zásobníku je vyrobeno z průhledného plastu, abychom viděli, kolik zůstává prášku v zásobníku.

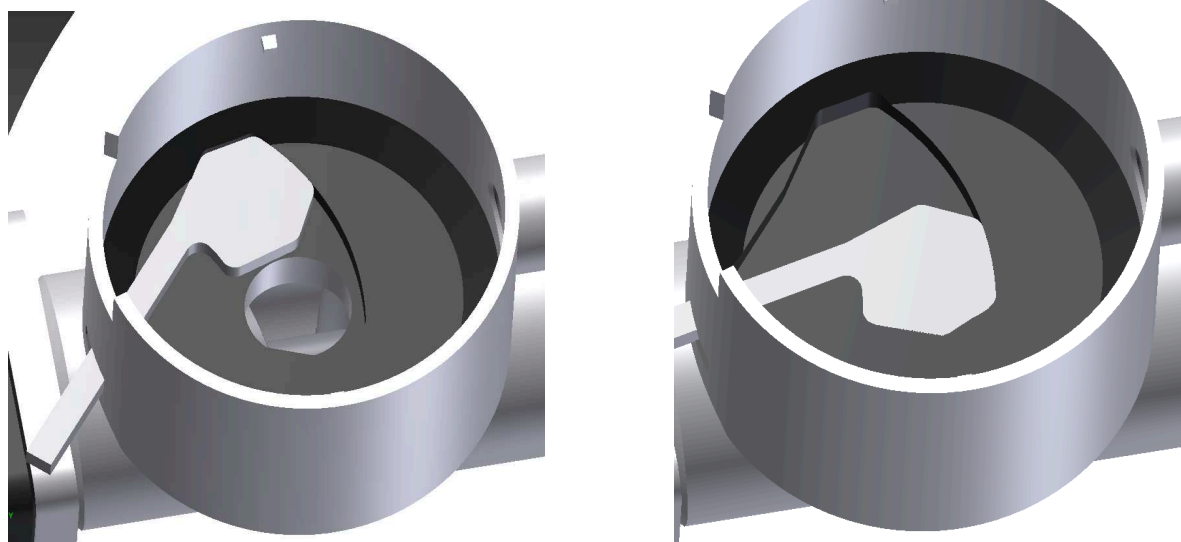
### Vnitřní prostory podavače



Obr. 27 – Detailní zobrazení vnitřních prostor podavače

Zde vidíme dovnitř podavače, kde je umístěn šnek, který přesně dávkuje potřebné množství prášku do hořáku.

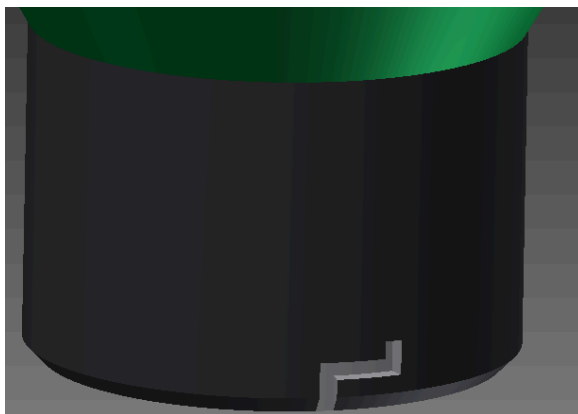
### Uzavírací člen



Obr. 28 a 29 – Detailní zobrazení uzavíracího členu

Uzavírací člen slouží jak k uzavírání, tak i k regulaci sypání prášku. Uzavírací člen je zde z důvodu možné výměny zásobníku během procesu tavby.

## Vedení



Obr. 30 – Detailní zobrazení vedení

Vedení slouží k přesnému navedení a upevnění zásobníku. Zásobník je z polykarbonátu, který je průhledný a dostatečně pevný. Zásobník je průhledný kvůli kontrole obsahu zásobníku. Konec zásobníku je z pryžového materiálu, který je zde z důvodu lepší hermetizace podavače

## 11. ZÁVĚR

Máme zde tři varianty podavačů, které podávají tři různé typy materiálu (tyč, drát a prášek) středem katody hořáku do prostoru tavby. V této práci jsem se zaměřil na dopravení materiálu do polohy pro tavení a poté posuv materiálu do hořáku k samotnému tavení. Posun vsázky do hořáku je pro tyčový materiál proveden pomocí lineárního aktuátoru, pro drátovou vsázku pomocí krokového motoru a pro prášek se jedná o krokový motor napojený na dávkovací šnek.

Podávací zařízení pro tyčovou a drátovou vsázku má přechodovou komoru a podávací zařízení pro práškovou vsázku je celé hermeticky utěsněné, protože zařízení je přímo napojené na dutou katodu plazmového hořáku, který je pod ochrannou atmosférou z Argonu.

Nejvýhodnější varianta je podávání ve formě prášku, protože se jedná o kontinuální podávání prášku, a zařízení je taky připravené na rychlou výměnu zásobníku. Další výhodou je možnost vytvořit více podavačů řazených do hvězdy, kde pak můžeme kombinovat více materiálů do jednoho kontislitku.



## SEZNAM LITERATURY

[A] DEMBOVSKÝ Vladimír - Plazmová metalurgie – Vydalo nakladatelství SNTL v r. 1978

[B] HUBKA Vladimír - Konstrukční nauka – Obecný model při postupu konstruování (přeložil: HOSNEDL Stanislav) – vydalo nakladatelství HEURISTA v r. 1995

## SEZNAM INTERNETOVÝCH ZDROJŮ

[1] [www.servo-drive.com](http://www.servo-drive.com) [online]. 2011 [cit. 2011-11-20]. [http://www.servo-drive.com/krokove\\_linearni\\_pohony\\_krokove\\_aktuatory.php](http://www.servo-drive.com/krokove_linearni_pohony_krokove_aktuatory.php) Dostupné z WWW: < [www.servo-drive.com](http://www.servo-drive.com) >.

[2] [www.servo-drive.com](http://www.servo-drive.com) [online]. 2011 [cit. 2011-11-20]. [http://www.servo-drive.com/krokove\\_motory\\_s\\_integrovanou\\_elektronikou.php](http://www.servo-drive.com/krokove_motory_s_integrovanou_elektronikou.php) Dostupné z WWW: <[www.servo-drive.com](http://www.servo-drive.com)>.

[3] [www.vlceksvt.cz](http://www.vlceksvt.cz) [online]. 2011 [cit. 2011-11-20]. <http://www.vlceksvt.cz/pdf/ABIPLAS.pdf> Dostupné z WWW: < [www.vlceksvt.cz](http://www.vlceksvt.cz) >.

[4] [www.cs.wikipedia.org](http://www.cs.wikipedia.org) 2011 [cit. 2011-11-20]. <http://cs.wikipedia.org/wiki/Plasma> Dostupné z WWW: <[www.cs.wikipedia.org](http://www.cs.wikipedia.org) >.

[5] [www.ksp.tul.cz](http://www.ksp.tul.cz) [online]. 2011 [cit. 2011-11-20]. [http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta\\_tkp/sekce/12.htm](http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/12.htm) Dostupné z WWW: <[www.ksp.tul.cz](http://www.ksp.tul.cz) >.

[6] [www.armatury-vojna.cz](http://www.armatury-vojna.cz) [online]. 2011 [cit. 2011-11-20]. [http://www.armatury-vojna.cz/herose/S10\\_Typ\\_06205\\_cz.pdf](http://www.armatury-vojna.cz/herose/S10_Typ_06205_cz.pdf) Dostupné z WWW: < [www.armatury-vojna.cz](http://www.armatury-vojna.cz) >.

[7] Tabulka v excelu [online]. 2011 [cit. 2011-11-20]. [data.kabex.quonia.cz/ke-stazeni/delka\\_navinu.xls](http://data.kabex.quonia.cz/ke-stazeni/delka_navinu.xls) Dostupné z WWW: < [www.data.kabex.quonia.cz](http://www.data.kabex.quonia.cz) >.

[8] [www.prvky.com](http://www.prvky.com) [online]. 2011 [cit. 2011-11-20]. <http://www.prvky.com/18.html> Dostupné z WWW: < [www.prvky.com](http://www.prvky.com) >.

[9] [www.prvky.com](http://www.prvky.com) [online]. 2011 [cit. 2011-11-20]. <http://www.prvky.com/22.html> Dostupné z WWW: < [www.prvky.com](http://www.prvky.com) >.

[10] [www.birmingham.ac.uk](http://www.birmingham.ac.uk) [online]. 2011 [cit. 2011-11-20]. <http://www.birmingham.ac.uk/research/activity/irc-materials-processing/index.aspx> Dostupné z WWW: < [www.birmingham.ac.uk](http://www.birmingham.ac.uk) >.

[11] [www.magnetyeu.cz](http://www.magnetyeu.cz) [online]. 2011 [cit. 2011-11-20]. <http://eshop.magnetyeu.cz/magnety-neodym-ndfeb> Dostupné z WWW: <[www.magnetyeu.cz](http://www.magnetyeu.cz)>.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1 –Schéma vertikálního krystalizátoru s jedním plazmovým hořákem

Obr.2 –Schéma vertikálního krystalizátoru se dvěma plazmovými hořáky

Obr.3 - Schéma dvouhořákové plazmové pece

Obr.4 - Lineární krokový motor - kompletní pohon s krokovým motorem

Obr.5 - Krokový motor s budičem, řízením a enkodérem

Obr.6 - Pojistný ventil Typ 06205

Obr.7 – NdFeB válec

Obr.8 –Uchycení tyčové vsázky: Z drážka

Obr.9 – Uchycení tyčové vsázky: Rozpínací kroužek s magnetem

Obr.10 – Uchycení tyčové vsázky: Podtlak

Obr.11 - Uchycení tyčové vsázky: Závít

Obr.12 – Funkční struktura podavače tyčové vsázky

Obr.13 – Funkční struktura podavače drátové vsázky

Obr.14 – Funkční struktura podavače práškové vsázky

Obr.15 – Hrubá stavební struktura pro tyčovou vsázku

Obr.16 – Hrubá stavební struktura pro drátovou vsázku

Obr.17 – Hrubá stavební struktura pro práškovou vsázku

Obr.18– Úplná stavební struktura pro tyčovou vsázku

Obr.19 – Úplná stavební struktura pro tyčovou vsázku

Obr.20 – Detailní zobrazení pantu

Obr.21 – Detailní zobrazení vyrážече

Obr.22 – Detailní zobrazení přechodové komory

Obr.23 – Úplná stavební struktura pro drátovou vsázku

Obr.24 – Vnitřní prostory drátového podavače

Obr.25 – Detailní zobrazení naváděcí kladky

Obr.26 – Úplná stavební struktura pro práškovou vsázku

Obr.27 – Detailní zobrazení vnitřních prostor podavače

Obr.28 – Detailní zobrazení uzavíracího členu

Obr.29 – Detailní zobrazení uzavíracího členu

Obr.30 – Detailní zobrazení vedení

## **SEZNAM TABULEK**

Tab.1 – Morfologická matice tyčové vsázky

Tab.2 – Morfologická matice drátové vsázky

Tab.3 – Morfologická matice práškové vsázky

Tab.4 – Orgánová struktura

## **SEZNAM PŘÍLOH**

1 – Výkresová dokumentace

2 – datový nosič CD